

УНИВЕРЗИТЕТ "ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ" – ШТИП

Факултет за Рударство, геологија и политехника, Штип

ПРОЕКТ

**"ОБУКА ЗА за влијание на животната средина
во Погонот на Флотација "**

ИСО СТАНДАРДИ

Влијание на животната средина во Погонот на Флотација

**Проф. Д-р. Борис Крстев, М-р Дејан Мираковски. Проф. д-р Благој
Голомеов, Проф. д-р Мирјана Голомеова**

Универзитет Г оце Делчев, Факултет за Рударство, геологија и политехника, Штип

Флотациски методи на конценџираџија

Флотациската конценџираџија се заснива на многубројни физичко-хемиџски појави во **флотациска џулија**, особено на и близу граничните површини помеѓу трите **фази**: **цврста** (минерални зрна)-**течна** (вода) - **газ** (воздух).

Во основа самиот процес опфаќа: во флотациска машина, благодарееќи на претходна подготовка на флотациската пулпа (**регулирање на pH на средината, активирање и колектирање на едни или дејимирање на други минерални зрна, намалување на површинскиот напон на граничните површини вода-воздух**) разнородните минерални зрна различно се однесуваат. Колектираните минерални зрна, имајќи **хидрофобизирана** (некваслива во вода) површина **прилепуваат** за диспергираните меури, додека неколектираните (минерални зрна со хидрофилна или хидрофилизирана-кваслива во вода-површина) тоа не можат да го направат. Како последица на тоа првите **создаваат** комплекси: минерални зрна-воздушни меури или **минерализирана теена** на површината (откако поради својата помала густина од густината на пулпата ќе **испливаат**) додека вторите **задржувајќи** се во пулпата, заедно со неа се одведуваат од флотациската машина.

Со цел од минерализираната пена да се отстранат механички вовлечените неколектирани или **сраснати минерални зрна** (квалитетот на **конценџирањот** да е повисок), таа се упатува на **иречистување**, додека отокот од флотациската машина, со цел да не се изгубат механички вовлечените колектирани или сраснати минерални зрна (губитокот на крајниот отпадок да е помал) на **контролно** флотирање.

Крајниот концентрат (производ од корисни минерали) може да биде **мономинерален** или **полиминерален**, зависно од тоа дали флотацискиот процес е **селекџивен** или **колекџивен**.

Успешен флотациски процес според тоа ќе ги условува следните предуслови:

1.) Минералните зрна што во пулпата треба да се одведат во форма на **минерализирана теена** треба да имаат природно **хидрофобни** или **хидрофобизирани колектирани** површини;

2.) Граничната површина: вода-воздушни меури во пулпата да е стабилна и минерализираната пена да има мал вискозитет. Тој услов го создаваат **пенливциите** кои се додаваат во пулпата во мала количина;

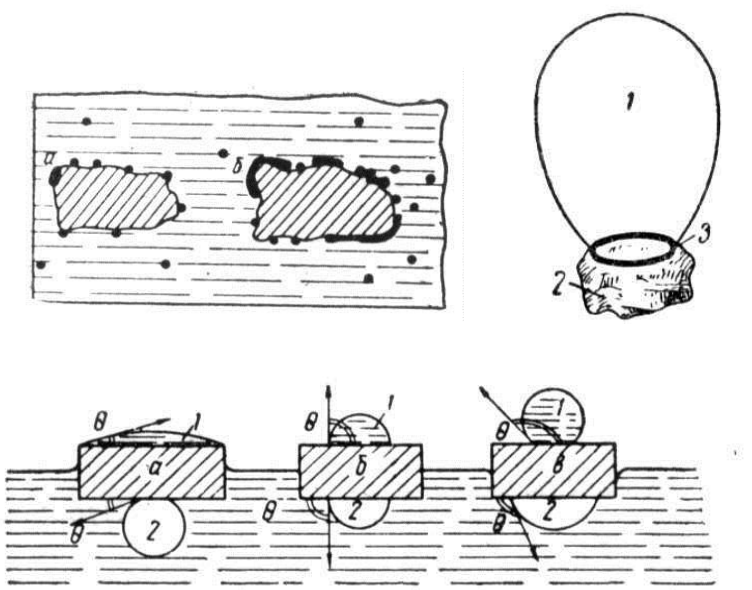
3.) Колектираните минерални зрна и диспергираните воздушни меури во пулпата треба позачестено и поинтензивно да контактираат, со цел **создавањето** на комплекси: минерални зрна-воздушни меури или создавањето на минерализирана пена (завршен чин на флотацискиот процес) да се обезбеди.

Од сите овие причини флотациската конценџираџија ја карактеризираат следните **етапи** или **стеџени**:

- **Подготовка** или **формирање** на минерална суровина во **мелничка џоспројка** (мелница+класификатор) во форма на **џулија** (двофазен

систем: минерални зрна-вода) со соодветен степен на раскривање и однос: цврсто-течно. Обично дисперзноста се искажува преку застапеност на класата $-0,074 \text{ м.м}$ (на пример: $50 \div 70\% - 200 \text{ меши } (\#)$ или $-0,074 \text{ м.м}$), а односот: цврсто-течно изнесува $1:2,5 \div 1:3$;

- **Кондиционирањето** како подготовка на пулпата пред колектирање, со помош на соодветни флотациски реагенси (*pH регулатори на средината, активатори, депримиатори*). Оваа етапа се остварува во кондиционери (уреди), а во поедини случаи или делумно во мелничката постројка;
- **Колектирање** на пулпата со помош на соодветен флотациски реагенс **колектор**, минералните зрна што треба да флотираат се здобиваат со хидрофобизирана површина. Тоа се остварува во флотациски машини, а во извесни случаи или дополнително и во ретходните етапи;
- Во флотациските машини колектираната пулпа се **аерира** (во неа се механички диспергираат воздушни меури);
- Создадените комплекси: колектирани минерални зрна-воздушни меури потоа левитираат или ја создаваат минерализираната пена на површината, што е и завршен чин на флотациската концентрација;



Слика 1. Приказ на ширококомпонентен систем воздух-вода-минерал

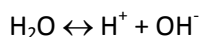
Флотациската концентрација во праксата на минералното инженерство зазема доминантно место. За полиметаличните сировини, карактеристични по својот многу сложен минеролошки и хемиски состав, таа се смета за **исклучителна**, а за сите минерални сировини, заради тоа што ги има следните **предности**:

- Разнородните корисни минерали во дадена минерална сировина со многу висок степен се **искористуваат**, **селективно** и **концентрираат**;

- Процесот се остварува во *машини* и *уреди* со релативно едноставни конструкции и можност тој да е високомеханизиран и автоматизиран;
- Пресметано по тона руда, флотациската концентрација вкупната подготовка на минералната суровина ја оптеретува со релативно мали трошкови;

Флотациска пулпа

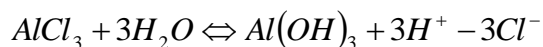
Флотациската пулпа во која се одвива процесот на флотација се смета за грубо диспергиран систем кој се одликува со гранични површини со многу големо распростирање. Овој систем се состои од цврста, течна и гасна фаза, во кој доаѓат до израз сите физички, хемиски и физичко - хемиски појави кои се карактеристични за граничните површини. Гасната фаза е наједноставна, цврстата фаза е најсложена, а течната фаза, иако на прв изглед многу е едноставна бидејќи е заситена со обичната вода, сепак е многу битна во процесот посебно од практична точка на гледиште. Водата е карактеристична и по нејзината способност за растворување на супстанците, способноста за јонизација (дисоцијација) и способноста за создавање на хидрати. За водата, како една од фазите на системот, дисоцира според равенството:



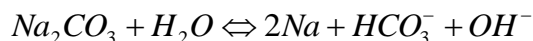
Концентрацијата на јони на водород е еден од најбитните фактори и од необично значително влијание во флотацијата. Доколку во водата е присутно соединение кое јонизира и создава повеќе водородни јони, се појавува истовремено намалување на концентрацијата на хидрооксидни јони (бидејќи: $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14} = \text{constant}$). Растворите со вишок на водородови јони се кисели, а со вишок на хидроксидни јони се алкални.

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

Поголемиот број на растворени соли не создават неутрален раствор во водата. Тоа е затоа што овие реагираат со водата - хидролизираат создавајќи нај слабо кисели или слабо алкална средина. Така, на пример растворот на $AlCl_3$ во вода е кисел:



додека растворот на Na_2CO_3 во вода е алкален:



Појавата на хидратација на јоните е многу важна во флотацијата, бидејќи хидратианите јони се прилепуваат на површината на минералите кои на тој начин

постануват обложени со вода. Степенот на хидратација се менува во зависност на видот на јоните, од нивните димензии, што е израз на нивните способности за квасење на површината на минералите. Минералите на минералната суровина ја сочинуваат цврстата фаза од системот, а нивниот број е многу голем. Големiot број на минерали кои се упатуваат на флотација со цел да се сепарираат - одвојат, се супстанции кои се тешко растворливи во вода, бидејќи не содржат јонска кристална решетка. Не треба да се заборава дека минералите пред да влезат во флотациска пулпа имаат свое минато кое опфаќа експлоатација (површинска или подземна), ускладиштување, дробење, операции кои се одвиваат во присуство на воздух и вода, што условуваат промени во состојбите на површината на минералите (создавање оксиди, хидроксиди, карбонати, сулфати и.т.н.). При овие услови минералите ретко кога го достигнуваат најголемиот степен на оксидација, но во поголемиот број случаи, таа површинска оксидација е доволна уситнетите зрна на минералите во пулпата да создаваат во водата растворливи производи, различни соли, кои јонизираат - дисоцираат.

Од сите овие аспекти може да се заклучи дека флотациската пулпа се состои од зрна на различни видови на минерали, молекули на вода со различен степен на асоцијација и од многу разновидни јони, кои или помалку се хидратирани. Јоните и молекулите на водата постојано мигрираат, прилепувајќи се до површината на минералите. Јони од еден вид минерали се издвојуваат и преминуваат во течна фаза и од течната фаза преминуваат на површината од друг вид на минерали. Преминот во еден правец се завршува штом се постигне рамнотежа, исто толку брзо како и во другиот правец. Карактеристиката на ова појава е различниот афинитет на површината на минералот за различни минерали.

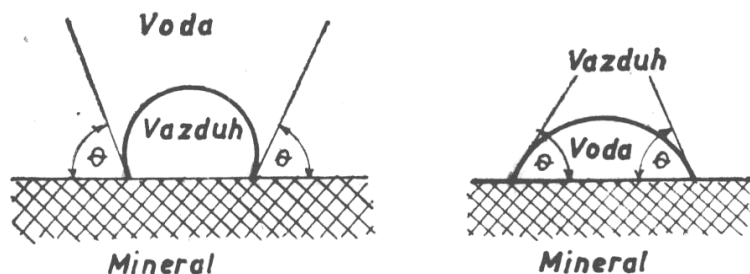
Процесот на флотација се одвива во присуство на разни флотациски реагенси кои се заситени со органски соединенија од хетерогена молекулска градба (колектори) и во присуство на разни во вода растворливи соли (активатори, деприматори, рН- регулатори, модификатори).

Од науката за градбата на кристалите е познато дека материите со типична јонска кристална решетка лесно се квасат со вода, т.е. хидрофилни се. Јонската врска во кристалната решетка е поларна, па затоа лесно стапуваат во реакција. Материите изградени со атомска врска се неполярни и не се квасат со вода, т.е. хидрофобни се. Квасењето на минералите со вода е резултат на дејството на привлечните сили помеѓу молекулите на цврстата материја и молекулите на течноста.

Разгледувањето на необичните појави кои се јавуваат на граничните површини на фазите не воведуваат во областа на физичката хемија. На површините кои ја делат цврстата фаза од течната или гасовитата, доаѓат до израз површински сили кои зависат од својствата на фазите, и со дејство на внатрешниот притисок доаѓа до појава на површински напон. Поради разликата во концентрација на молекули во внатрешноста на фазата и на граничната површина се појавуваат на граничната површина од цврстата и течната фаза појави на адсорпција или појави на создавање на мултимолекуларни филмови, при што материите кои создаваат такви филмови практично целосно се нерастворливи во течните фази.

На граничните површини воздух-вода, заради нивната различна густоќа, се манифестира мошне силен површински напон ($\sigma_{Г.В.}$), а капката вода од тие причини има сферична форма (минерална допирна површина). Слободна и незаситена енергија во пулпата се појавува и на следните гранични површини: минерал-вода ($\sigma_{М.В.}$) и минерал-воздух ($\sigma_{М.Г.}$). Комплексите помеѓу воздушните меури и минералните зрна во флотациската пулпа се создаваат на контактот на сите три фази. Како тој процес е спонтан, енергијата во флотациската пулпа (на допирните површини пред и после создавањето на комплексите) се менува, и таа кај комплексите станува помала, имено, дотолку повеќе доколку прилепувањето на минералните зрна за воздушните меури е посилено.

Ако капка вода се стави на "апсолутно хидрофобна" површина, таа на неа допира само во една точка (има сферична форма), доколку пак се стави на "апсолутна хидрофилна" површина, таа по неа наполно ќе се "разлее". Како такви "крајни" случаи нема, реалната "квасливост" на површините се искажува преку аголот на квасење " θ ", неговата големина е дотолку помала, доколку површината



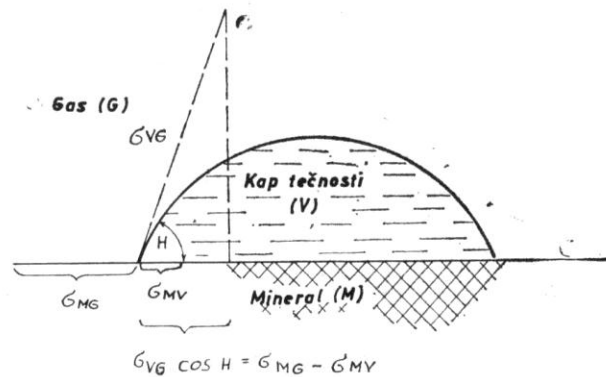
Слика 2. Трокомпонентен систем вода-воздух-минерали со агол на квасење

на минералното зрно е похидрофилна (апсолутно хидрофилна површина има агол на квасење " θ "-нула). Хидрофобни се сметаат површини со агол $5 - 137^\circ\text{C}$, а хидрофилни со агол на квасење помал од 5°C .

Создавање комплекси: воздух - минерал, како главен чин на флотацискиот процес

Слободната површинска енергија на системот: вода-минерал- воздух, пред последните фази да контактираат може да се искаже преку релацијата:

$$E_1 = S_M \cdot \sigma_{М.В.} + S_{Г.В.} \cdot \sigma_{Г.В.}$$



Слика 3. Енергетски приказ на контактиот вода-воздух-минерал

При меѓусебниот контакт: минерал-воздух, енергијата на системот станува помала, односно ја има релацијата:

$$E_2 = (S_M - s) \cdot \sigma_{M.B.} + (S_G - s) \cdot \sigma_{G.B.} + s \cdot \sigma_{M.G.}$$

Разликата на овие две енергии, всушност е ангажирана енергија на создавањето комплекс (прилепување на воздушниот меур кон површината на минералното зрно), или:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

Искажувајќи ги слободните површински енергии $\sigma_{M.G.}$ и $\sigma_{M.B.}$ преку површинскиот напон $\sigma_{G.B.}$, имаме:

$$\sigma_{M.G.} = \sigma_{M.B.} + \sigma_{G.B.} \cos \theta$$

$$\Delta E = \sigma_{G.B.} (1 - \cos \theta)$$

Со зголемување на аголот на квасење, односно со зголемувањето на хидрофобноста на површините на минералните зрна, се зголемува и енергијата ангажирана на прилепување, така што за "апсолутно хидрофобни" површини аголот $\theta = 180^\circ$ и $\Delta E = 2 \cdot s \cdot \sigma_{G.B.}$, а за "апсолутно хидрофилни" $-\Delta E = 0$. За да создаде комплексот: воздух-минерал, како елементарен чин на флотацискиот процес, неопходни се следните три услови:

1) Во флотециската пулпа воздушните меури и минералните зрна да можат меѓусебно да се приближуваат (флотациската пулпа да не мирува, туку постојано да се меша).

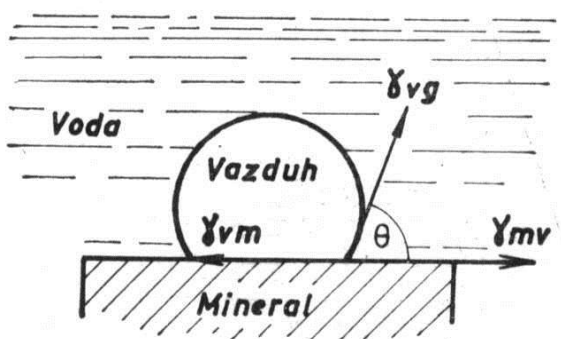
2) Меѓусебното судрување на минералните зрна со воздушните меури, откако тие ќе се приближат, треба да заврши со нивно прилепување (тоа се случува со хидрофобните, односно "хидрофобизирани" минерални зрна).

3) Создадениот комплекс да исплива на површината без да се распадне при транспортирањето.

Според тоа, доколку веројатноста дека тие ќе се судрат, прилепат и испливаат на површина без да се распадат е поголема, дотолку е поголема и веројатноста дека тие ќе бидат одведени во минерализираната пена-како завршен чин на флотацискиот процес.

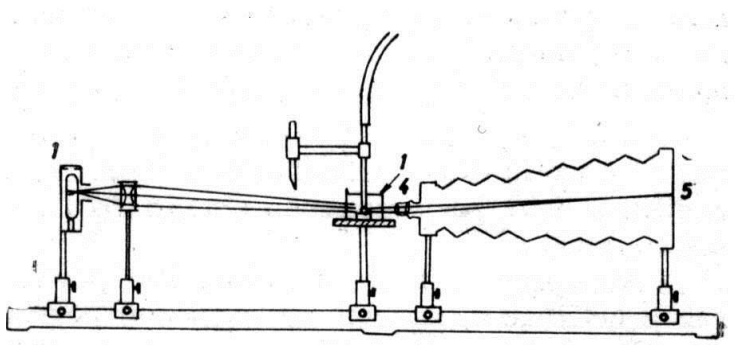
Одредување на аголот на квасење

Аголот на квасење кој го создава воздушниот меур со површината на минералот е од посебно значење за процесот на флотација. Тој служи како мерка за способноста на некои видови минерални зрна да бидат изнесени со воздушните меури на површината од пулпата. Со други зборови, како мерка за способност за флотирање на некој минерал, или пак аголот за квасење служи и како доказ дека површината на минералот поседува хидрофобен филм од некое органско соединение, или пак во спротивно дека површината е хидрофилна.



Слика 4. Одредување на агол за квасење

Постапката за одредување на аголот за квасење во условите на процесот на флотација ја разработил Тагарт (Taggart), а успвршиле Wark и Cox. Апаратурата се состои од: стаклен сад (1) во кој се става кристал на минерал и течност, се поставува на стакла со што се овозможува на садот во правец на оптичката оска и нормално на неа. На стаклата е прицврстена пипета за воведување на воздушни меури. Врвот на пипетата е со дијаметар 3 mm, што овозможува создавање меури со дијаметар околу 15 mm.



Слика 5. Апарат за мерење агол на дојир

Пипетата може да се движи нагоре и надолу, а со придвижување на стаклата меурот може да се допре - судри со било кое место на површината од минералот. Со помош на сочиво, огледало и диафрагма (2) можно е да се насочи светлоста на сијалицата со јакост од 250 W (1) косо одозгоре на површината така што ја рефлектира сликата на воздушниот меур и површината на минералот низ тубусот на микроскопот (4) и дава 16 пати зголемена слика на мат - плоча од фотографската комора (5).

Постапката ги опфаќа следните операции: зрното минерал со рамна површина во хоризонтална положба се става во стаклениот сад наполнет со дестилирана вода во која се стават или не раствори на колектор и други флотациски реагенси со одредена концентрација. Со помош на пипетата се воведуваат воздушни меури на површината на минералот и се притиска со пипетата се додека површината на допирот не почне да се намалува. Пипетата се подига и се почнува со чукнување во стаклата се додека не се добие константен агол на квасење. Кога се постига вистинската рамнотежа (после најмалку околу 10 минути), се отпочнува со мерењето на аголот на квасење на мат - плочата со помош на провиден агломер кој се става на плочата. Аголот се мери од двете страни на сликата и се пресметува средната вредност. Аголот под 10° се мери со недоволна точност. Малите разлики во дијаметарот на воздушниот меур не влијае битно на одредувањето на големината на аголот на квасење - " θ ".

Одредување на електроефективните на површините од минералите

Толкувањето на појавата на адсорпција во граничните површини од цврстата и течната фаза е многу посложено, иако повидливо. Ова е од посебен интерес за теориското објаснување на еден од стадиумите во процесот на флотација-колектирањето, а посебно од уште поголемо значење во случај на селективно колектирање, кое изискува воведување на специфични реагенси, т.н. модификатори. За да се утврди количината на адсорбуваната материја на површината од некој минерал, потребно е да се одредат почетната и крајната концентрација на течната фаза.

Проучувањето на електрокинетскиот потенцијал претставува плодно поле за понатамошното истражување во полето на флотацијата на разни минерали. Утврдувањето на големината од електрокинетскиот потенцијал за разни минерали во присуство на разни електролити дава позната слика за делувањето на електролитите (јоните) на површината од минералот и ги открива јоните кои се адсорбираат на таа површина. Иако толкувањето на овие случувања само на основа на добиените резултати комплицирано и неточно, бидејќи е сврзано со поедини претпоставки, досегашното истражување доведе до важни запазувања и се овозможи дополнување на теоријата на флотација со нови моменти. Значи, не е можно предвидувањето на способноста на флотација на минералите само на основа на електроефектите на површините од минералните зрна, иако истражувањата на Fuerstenau во САД и Плаксин во Русија дават значителен допринос во теоријата на флотација.

Денес се применуваат постапките на **електрофореза** и **филтрациски потенцијал** за проучување на промената на потенцијалот на површината на минералот во зависност од видот на електролит, неговата концентрација и pH-вредноста на растворот.

Електрофоретската метода е поедноставна. Доколку во течност во која има минерални зрна се постават електроди со одредена разликаво потенцијалите помеѓу нив, минералните зрна во зависност од знакот на електричниот товар во слојот поблизок на течната фаза, ќе се движат или кон анодата или кон катодата. Ова појава се нарекува **електофореза**.

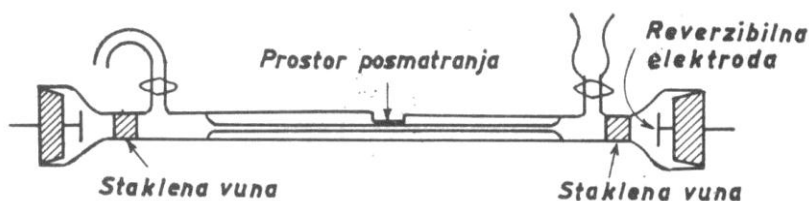
Уредот се состои од стаклена цевка со капилар. На краевите од цевката се наоѓаат електроди помеѓу кои со помош на Батерија се воспоставува потенцијал. Минералните зрна се воведуваат во цевката и нивното движење во електролитот со дадена концентрација и pH-вредност се гледа низ капиларот во средината од цевката. Брзината на движење се мери со помош на саат-штоперка и разделници во зоната на гледањето. Правецот на движење на зрната го означува знакот на потенцијалот, кое се пресметува на база на релацијата:

$$\xi = \frac{4\pi \cdot \mu \cdot v}{\epsilon}$$

каде што се:

μ - вискозност;

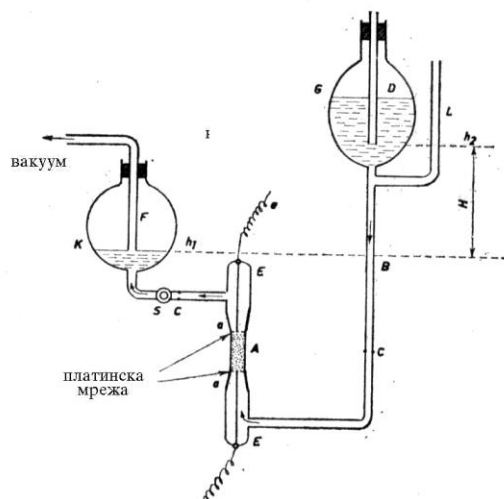
v - подвижност на зрната - брзина (cm/sec);



Слика 6. Цилиндрична електрофоретска ќелија

Денеска постојат и посовремени апарати за мерење на потенцијалите, во кои може да се следи минералното зрно кое се движи по траекторија за која се познати влијанијата на капиларните сидови и кај кои напонот може да се менува според желбата за проверка на отчитаните брзини на движење.

Апаратурата за мерење на електрокинетскиот потенцијал преку **филтрационот потенцијал** е прикажана на следната слика.



Слика 7. Апарати за мерење на електрокинетски потенцијал преку филтрациска струја или филтрациски потенцијал

Разликата помеѓу потенцијалот на течноста и површината на минералот се нарекува електрохемиски потенцијал (ψ). Потенцијалот помеѓу течноста и сврзаниот слој на јони на минералната површина се нарекува електрокинетски потенцијал (ϕ).

Апаратурата се состои од цевка A во која помеѓу платински електроди E се постави чеп од минерални зрна. Од садот G се пушта H и да минува низ садот K, откаде со вакум се одведува понатаму. Цевките D и F во садите G и K одржуваат константна разлика помеѓу нивоата h_1 и h_2 и одржуваат константен притисок на протокот H. Краевите на електродите можат да бидат поврзани или за прецизен амперметар или за волтметар. Ако директно се мери напонот, електрокинетскиот потенцијал се пресметува од равенката на Бригс (Briggs):

$$\xi = \frac{4\pi \cdot \mu \cdot E \cdot \gamma}{\varepsilon \cdot \rho}$$

каде што се:

μ - вискозитет на течност;

E - отчитана разлика на потенцијалите;

γ - специфична проводливост на течноста;

ρ - притисок на течноста;

ε - диелектрична константа;

Доколку се мери создадената струја поради протокот на течност низ чепот од минерални зрна се користи равенката:

$$\xi = \frac{4\pi \cdot \mu \cdot V \cdot \gamma}{\varepsilon \cdot I}$$

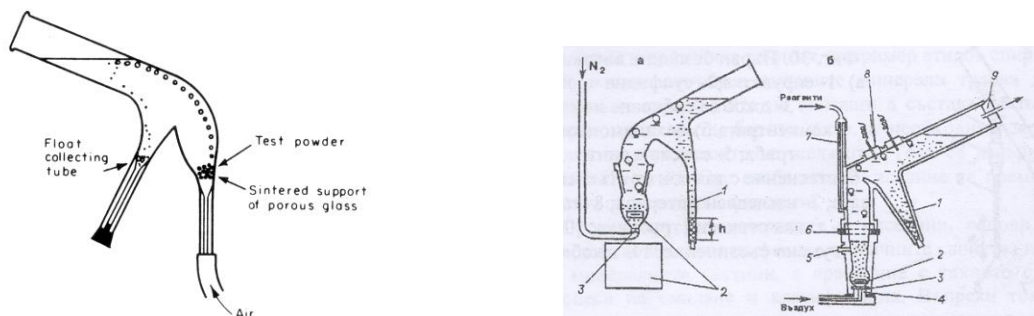
V - волуменот на течноста која минува низ чепот од

минерални зрна во единица време;

I - струја отчитана на амперметарот;

Одредување на способност за флотација на минералиите

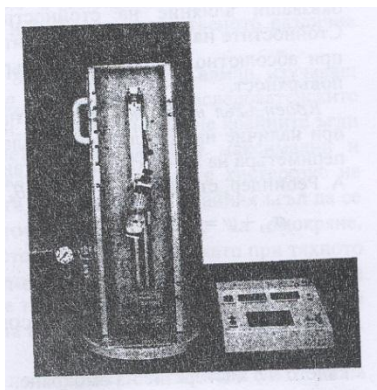
Методата за утврдување на прилепувањето на воздушните меури врз минералните зрна се состои во употребата на пехар или стаклен сад - Hallimond-ова цевка, наполнета со раствор на флотациски реагенси со позната рН-вредност, чие дејство за флотирање треба да се испита.



Слика 9. Халимондова цевка и Адамова цевка

Цевката се состои од цевка каде што чепот В е од порозно стакло во кое се става 2 ÷ 3 g ситни минерални зрна за испитување. Воздух се доведува низ капилар А, а меури ги изнесуваат зрната кои флотираат до површината на течноста С. Како за флотирање не се користат пенливци, меури пукнуваат по излегувањето на површината и флотираните зрна паѓаат во цевката D. Цевката пред испитувањето е наполнета со раствор на реагенси чие дејство се испитува. После флотирање од 2 до 5 минути се мери количината на флотиран минерални зрна собрани во цевката D. Недостатоците од испитувањата во стаклената цевка ги усовршува Абрамов А. со изработка на прибор од плексиглас прикажан на сликата 9б.

Во последните години популарност добива апаратот EMDEE MicroFLOT System. Со него се прави брз и лесен тест за флотирање на минералите, моделирање и оптимирање на флотацискиот процес И реагентскиот режим. Апаратот симулира механичка флотациска машина, а системот вклучува пнеуматски агитатор, уред за контрола на процесот И софтверски пакет MFWATCH. Со апаратот може да се изведе центрифугална анализа, екстракција и други операции.



Слика 10. Апаратот EMDEE MicroFLOT System

Испитување за одстранување на реагенсиите од отпадните води

Испитувањето на отстранување на минералите масла, различни преостанати раствори флотациски реагенси и феноли од водените раствори се состои од адсорпција со користење на природни zeoliti-клиноптилолит и органобентонит. Последниве ги апсорбираат минералните масла и фенолите од водените раствори, со ефикасност на отстранување на минералните масла од 98 % и фенолите од 95 %.

Апаратурата се состои од колена со јоноизменувачката смола. Стаклената колона 420 x 45,5 mm со кружен пресек и со метално сито и славина се исполнува со адсорпциони средства (200 g zeoliti). На дното од колоната се постават стаклена вата и крупно метално сито.

Флотациски реагенси

Ако од наведените етапи на било кој флотациски процес се изземат втората и третата и не се намали површинскиот напон на течната фаза во флотациската пулпа, флотациска концентрација не може да има. Тоа е поради тоа што сите диспергирани разнородни минерални зрна во течната фаза (водата) имаат хидрофилни површини и што многу високиот површински напон на водата не дозволува создавање на минерализираната пена.

Внесувајќи во втората етапа (делумно, во извесни случаји и во птвата) флотациски реагенси **модификаџори** (активатори, деприматори, pH- регулатори), површините на разнородни минерални зрна своите физички особини ги менуваат во сакан правец. Имено, тие што треба а флотираат стануваат **џоџодни**, содејствувајќи во третата етапа со соодветен реагенс **колеџиор** да станат **хидрофобни** (лесно прилепливи за воздушни меури), а останатите минерални зрна да не можат да бидат колектирани.

Во третата етапа внесувајќи соодветен **колеџиор** се обезбедува **селеџиивно** негово содејство со површините на разнородните минерални зрна, така што едни стануваат со **хидрофобизирана** површина, а другите остануваат со **хидрофилна** површина или со уште похидрофлизирана (под дејство на деприматори, во етапата на кондиционирање).

Создадените комплекси: минерални зрна-воздушни меури (откако во колектираната пулпа се диспергираат воздушни меури-аерирање на пулпата), испливувајќи на површината тие се **расџагааџи**, доколку површинскиот напон на течната фаза не е **намален** со помош на реагенс **џенливец**.

Со еден збор речено, значи дека **нема** флотациски процес без **флотациски реаџенси** и со соодветен **реаџенсен режим**.

Флотациските реагенси, зависно од нивната **намена** во процесот, подредени во три основни групи:

- колектори;
- пенливци;
- модификатори

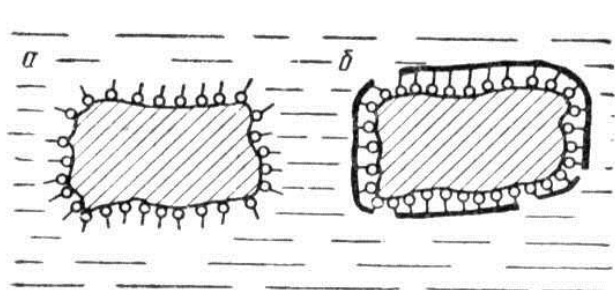
Поимот реагенсен режим подрзбира: асортиман на реагенсите, начин на приготвување на растворот, дозирање, услови под кои тие во пулпата се воведуваат и времетраење на нивното контактирање.

Колеџиори

Тоа се органски соединенија со поларно-аполарна структура на молекулите, кои што при внесување и растворени во флотациска пулпа содејствуваат со површините на минералните зрна реагирајќи на следниот начин:

- Поларната група содејствува со **џониие** и **аџиомиие** од кристалната решетка на минералните зрна или со тие што преминале во водениот раствор, обезбедувајќи на тој начин **молекулиџе** на колекторот да се зацврстат на површините од зрната;

- Аполарната група на молекулот (јагленоводородниот ради-кал), која во вода е неквадлива останува на гранична површина **минерал-вода** свртена кон течната фаза, недозво-лувајќи површината на минералното зрно да се хидратизира. Површината на дадено минерално зрно се хидрофобизира доволно па на него се создава мономолекуларен слој од колекторот.



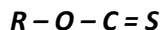
Слика 11. Улога на колекторите

Покрај колекторите со поларно-аполарна молекулска структура се користат и **чисти аполарни** органски соединенија (производи од преработка на нафта, јаглен, дрво), било самостојно или во комбинација со нив. Аполарните колектори во вода не се растворуваат, туку се диспергираат. Тие, разделувајќи се по површината на **природно хидро-фобни** минерали и по површината на воздушните меури, овозможуваат создавање комплекси (при допир, тие се прилепуваат, преку коал- есценција).

Зависно од тоа дали јагленоводородниот радикал претставува катјон или анијон на молекулите, поларно-аполарните колектори се делат во две групи: **анијонско** активни и **катијонско** активни. Првите, зависно од тоа дали радикалот со поларната група е поврзан во молекулот преку кислороден или сулфурен атом, се делат на две подгрупи: **оксхидрилни** и **сулфхидрилни**. Анијонските колектори повеќе се користат бидејќи се поефтини од катијонските. Последните (создадени од амонјак во кој 1, 2 или 3 атоми водород се заменуваат со јагленоводородниот радикал) се користат во случај анијонските да се неефикасни, особено за силикатни минерали.

Оксхидрилните колектори (масни киселини и сапуни-олеинска киселина и натриумов олеат, алкил сулфати) се користат во флотацијата на несулфидни минерални суровини, додека **сулфхидрилните** (ксантати, дитиофосфати) се користат во флотацијата на сулфидни минерални суровини.

Најширока примена во флотациската концентрација на рудите на обоените метали имаат **ксантијоните**. Нивна општа формула е **$R-OCSSMe$** , каде што со **R** е означен јагленоводородниот радикал (неполарната група), а со **OCSS** поларната група и со **Me** металите натриум или калиум. Во центарот на поларната група е јагленородот C, што најдобро се гледа во нивната структурна формула:



Јагленоводородниот радикал кај ксантатите можат да бидат следниве:

CH_3 -..... метил;

C_2H_5 -..... етил

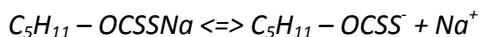
C_3H_7 -..... пропил

C_4H_9 -..... бутил

C_5H_{11} -..... амил

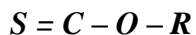
C_6H_{13} -..... цетил

Во вода ксантатите се растворуваат многу лесно дисоцирајќи на анјон (колектор) и катјон (метал). така што **најтрискиот амил ксан-тат** во вода дисоцира според релацијата:

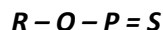


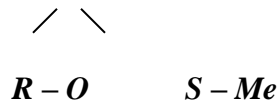
Активен дел на ксантатот е сулфурот вразан за металот и преку него тој се поврзува со јоните и атомите на површината на сулфидните минерални зрна, создавајќи мономолекуларен хидрофобен слој.

Така на пример, галенитните минерални зрна површински реагираат со ксантат, создавајќи стабилно соединение **оловен ксантогенат** кој е нерастворлив и хидрофобен, бидејќи јагленоводородниот радикал е свртен кон течната фаза:



Диалкилофосфатите (аерофлотини) од ксантатите се разликуваат по тоа што имаат два јагленоводородни радикали и што во центарот на поларната група се наоѓа петовалентен фосфор, па нивнаа структура е следна:





При флотациската концентрасција на сулфидни минерални суровини тие обезбедуваат поголема хидрофобизација на минералните зрна бидејќи поседуваат два јагленоводородни радикали, но од ксантатите се помалку ефикасни (петовалетниот фосфор ја намалува активноста на сулфурот кој е поврзан за металот).

Пенливци

Според својата молекулска градба тие се слични на хетерополарни колектори, но од нив се разликуваат по својот состав.

Како површинско-активни органски соединенија тие се карактеризираат по тоа што површинскиот напон им е многу помал од водата, кога ќе се внесат во течна фаза со поголем површински напон тие се концентрираат на нејзината површина. Поларната група на молекулите се свртува кон течната, а аполарната кон воздухот. Првата во допир со водата хидратизира и врзувајќи се за молекулите од површинскиот слој го намалува нејзиниот површински напон. Благодареејќи на тоа, воздушниот меур во пулпата е стабилен и по неговото испливување на површина тој не прснува (комплексите: минерални зрна-воздушни меури успешно формираат минерализирана пена).

Најчесто применлив природен пенливец е ***боровојто масло***, додека од синтетичките најчесто се применуваат пенливци со поларна ***ОН*** група-алкохоли. Потрошувачката е многу мала и изнесува околу ***10-50 г/т***.

Модификаџори

Модификаторите се флотациски реагенси кои овозможуваат минералните суровини селективно да се искористат и концентрираат на повеќе минерални компоненти. Тие во флотацискиот процес се воведуваат пред колектирањето на флотациската пулпа, во кондиционер или делумно во мелница и класификатор.

Како колекторите и пенливците се органски, модификаторите се неоргански соединенија (киселини, бази, соли). Зависно од улогата што во флотацискиот процес ја имаат тие се нарекуваат: ***реџулаџори*** на рН средина, ***акџиваџори*** и ***деџримаџори***.

Реџулаџориџе на рН срединаџа делуваат на концентраџата на ***Н*** односно ***ОН*** јоните (во одредени граници) во флотациската пулпа, што прџставува ***џредуслов*** за правилно водење на флотацискиот процес, затоа што хидрофобизациџата на едните односно

депримирањето на другите минерални зрна *ојџи.мално* се остварува во мошне тесен интервал на рН средини. Зголемената концентрација на *H* јони (намален рН) најчесто во флотацискиот процес се обезбедува со употребата на: сулфурна киселина (H_2SO_4) и *флуороводородна киселина (HF)*, а зголемена концентрација на *ОН* јони (зголемена рН), потоа со примена на бази како *најџириум хидроксид (NaOH)*, *калциум хидроксид (Ca(OH)₂)* и од солите најчесто *најџириум карбонај-сода (Na₂CO₃)*.

Промена на рН средината остваруваат и некои активатори односно деприматори: бакар сулфат ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), натриум сулфид (Na_2S), натриум цијанид (NaCN), но тие не се користат за таа цел.

Активаторите се такви реагенси во флотацискиот процес кои дејствуваат на површините на одредени минерали и ги *чистаат* од оксидираните пресвлаки, поларните пресвлаки (хидрофилни) од дејство на депримиатори или на тие површини создаваат соединенија кои овозможуваат нивно понатамошно колектирање. Така, бакарниот сулфат се користи за *активирање на сфалеритот*, кој во флотацијата на *галениот* е депримиран со натриум цијанид, или пак *оксидирани сулфиди* да можат да се колектираат треба предварително да се *сулфидизираат*, а тоа го возмoжува натриум сулфидот. Покрај овие наведени соли се користат: оловен нитрат ($PbNO_3$), железо сулфат ($FeSO_4$), додека депримирани сулфиди со калциум хидроксид можат да се активираат со сулфурна киселина итн.

Дејримайџориите во флотацискиот процес овозможуваат селективно концентрирање на сите корисни минерали во дадена минерална суровина. Така, во флотацијата на олово-цинкова руда најнајпрво се флотираат галениитиите и депримираат сфалеритиите минерални зрна, благодареејќи на применетиот натриум цијанид, засилен со деприматорот цинк сулфат. Во спротивен случај, бидејќи во етапата колектирање двата минерали користат ист колектор (ксантат или дитиофосфат), тие би се превеле во колективен концентрат.

Најчесто користени деприматори од неорганско потекло, покрај наведените се: *калциум хидроксид*, кој освен како регулатор на рН средината ефикасно ги депримира минералите пирит и арсенопирит, *калциум хромат* (K_2CrO_4), *калциум бихромат* ($K_2Cr_2O_7$) за депримирање на галенит, *водено стакло* ($Na_2O \cdot mSiO_2$) за депримирање на нерудни јалови минерали и други.

Модификаторите како реагенси од органско потекло Ѓ полимери се користат во специјални случаи. Како деприматор најчесто се користи јоногениот органски полимер *карбоксилмethylцелулоза* за депримирање на силикатни минерали, а како мошне ефикасен флокулант, полимерот *полиакриламид*.

Потрошувачката на модификаторите во флотацијата на рудата и обоените и ретки метали е многу поголем од потрошувачката на колектори и пенливци (2-3 пати).

Циклуси на флоџациски мѣџоди на концѣнѣрација

Кондиционираната пулпа со цел флоџацискиот процес да овозможи добивање на **висококвалиѣѣѣни** концентрати и во **крајниот оѣѣаѣок** или јаловината да не се **изгубаѣѣ** корисни минерални компоненти над неминовно дозволената количина, најнапред **грубѣ** се флоџира во секција тн. **основно флоџирање**, за да потоа грубиот концентрат се упатува во секција тн. **ѣречисѣувачко флоџирање**, а токѣт од основното или грубо флоџирање во секција тн. **конѣролно флоџирање**.

Трите циклуси: основно флоџирање, пречистување на грубиот концентрат, контролното флоџирање на отокѣт од основното флоџирање се застапени во секој флоџациски процес, бидејќи во еѣен циклус по правило не можат да се остварат задовѣлувачки технолошки показатели (високо искористување на корисните минерални компоненти, висококвалитетни концентрати).

Горната шема се однесува за случаји кога од минералната сурѣвина се извлекува само една корисна минерална компонента или кога сите корисни минерални компоненти се извлекуваат во еѣен колективен концентрат. За случаји кога од минералната сурѣвина селективно се извлекуваат повеќе корисни минерални компоненти, флоџирање на секоја од нив се остварува на идентичен начин, во по три циклуси: новѣто е во тоа што отокѣт од првата флоџација се упатува на предварителна подготовка (згуснување, кондиционирање), пред тој да биде доведен на основно флоџирање во втората флоџација итн.

Уреди за флоџациски мѣџоди на концѣнѣрација

Услови за флоџацискиот процес започнуваат да се создаваат во мелницата и класификаторѣт, а завршуваат во етапата на кондиционирање и делумно во самите флоџациски ќѣлии, во кои се остварува и самиот процес.

Во групата уреди за флоџациска концентрација спаѓаат: **кондицио-нери, флоџациски машини и разделувачи на флоџациски реагенси**.

Кондиционери

Флотациските реагенси модификатори по правило требаат подолго време на дејствување, па од тие причини некои од нив се додаваат за време на формирање на пулпата, во мелницата и класификаторот, додека преостанатиот дел во специјални контактни садови наречени кондиционери. Тоа се цилиндрични садови во кои со помош на мешалка се остварува интензивно мешање на модификаторите со цврстата фаза на пулпата.

Големината е различна и се движи од диаметри 1000-3500 мм, од кои зависи дневниот капацитет на флотациските машини и потребното време на контактирање-подготовка на пулпата.

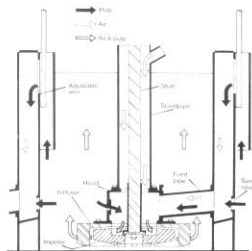
Без кондиционер флотацискиот процес би можел да се остварува доколку првата ќелија од секцијата за основно флотирање, само меша (врши улога на кондиционер) без да создава минерализирана пена. Така, технолошките показатели флотацискиот процес се најчесто послаби.

Флотациски машини

Во флотациските машини се остварува завршниот чин на флотацискиот процес, создавањето на минерализирана пена од испливаните комплекси или колектирани минерални зрна-воздушни меури.

По својата конструкција тие треба да ги обезбедуваат следните услови:

- оптимално диспергирање на воздушните меури во кондиционираната и колектирана пулпа;
- нејзино движење и мешање за да можат меуриите да се судрат со минералните суровини така да хидрофобизираат;
- создадените комплекси без распаѓање испливуваат на површината;
- минерализираната пена од површината, додека отокот на пулпата од дното да се одведуваат;



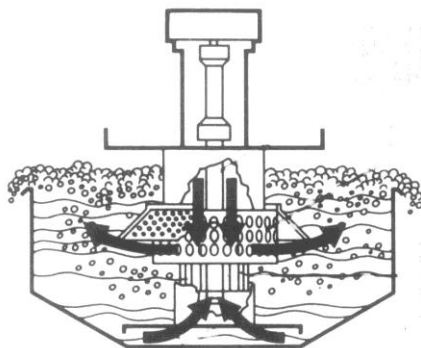
Слика 12. Пресек на флотациска машина

Во праксата на минералното инженерство се среќаваат повеќе различни конструкции на флотациски машини. Сепак сите тие меѓусебно можат да се разликуваат само по две основи:

- воздухот дали се доведува под притисок или тој се всисува;
- на кој начин пулпата се одржува во стабилна состојба и се меша;

Во зависност од овие две основи, флотациските машини се делат на следните типови:

- пнеуматски (аеролифтни);
- механички;
- комбинирани (пнеуматско-механички);



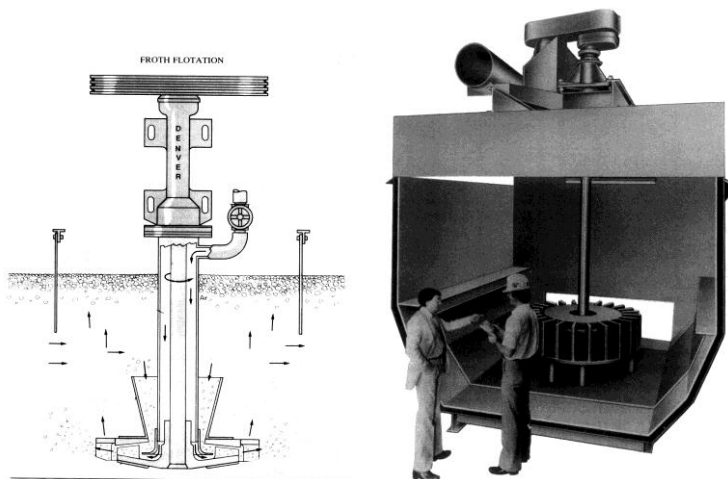
Слика 13. Пресек на флотациска машина

Пнеуматскиите или аеролифтните флотациски машини биле кон-струирани од различни конструктори. Првата пнеуматска машина е од *Келоу* во вид на корито со закосено перфорирано дно кон излезот покриено со порозна ткаенина. Во аеролифтните машини воздухот се доведува низ цевка одозгора, а прикажана е аеролифтната машина *Форестер*. Поради својот мал волумен на коморите и многу ограничените зони на флотирање, овој вид на флотациски машини не се користат за флотација. Еден од развојните трендови на пнеуматските машини е *Давкра* ќелијата која покажала подобра перформанса од механичките машини. Сепак, **најголем развој** се почувствува со воведување на флотациските машини-колонесии *флотациски машини* од разни типови на

конструкции, започнувајќи од конвенционалните колонести до типовите на флотациски колони од типот *Џејмсон*, *Фесифлојд*, *Конџаки* и други.

Механичките флотациски машини остваруваат мешање и аерација на пулпата со помош на механички уред тн. *блок на импелери*. Тој се состои од импелер и статор и статор. Со вртење на импелерот се меша пулпата и истовремено се создава подпритисок во просторот под статорот што условува всисување на воздухот и неговата разбивање на меури. Постојат повеќе идови на современ машини кои се карактеризираат со осовемени механички делови, поголеми волумени и друго. Најглавни конструктори се *Денвер*, *Оушокуми*, *Вемко* и други.

Комбинирани (пнеуматско-механички) флотациски машини ги имаат следните предности во однос на механичките: овозможуваат фронт на флотација да се скрати до 40% ако се из земе потрошувачката на енергија за компримиран воздух, па трошат 1,5-1,8 пати помалку енергија. Конструкцијата на аераторот е поедноставна и тие се помалку подложни на монтирање. Најглавни конструкции се: *Денвер*, *Аџипер-Калиџер* и други.



Слика 14. Изглед на флотациска машина

Примери на флотациски методи на концентрација

Во флотацискиот процес, за време на кондиционирањето (во извесни случаји, кога тоа времето за контактирање го бара) и за време на мелењето (создавање на пулпата) се додаваат флотациски реагенси во точно одредени количини.

Флотацијата на мономинерални сировини (со еден корисен минерал) има мошне едноставна технолошка шема. Таа е идентична кога од полиминерална сировина се добива

само еден **колективен** концентрат. Сепак, технолошките шеми се посложени, доколку флотацијата е **селективна**.

Во праксата на флотација на полиминерални суровини се приме-нуваат три принципиелно различни шеми:

- **селективна;**
- **колективно-селективна;** и
- делумно **колективна**.

Од полиминерални суровини од технолошка гледна точка најголеми проблеми се појавуваат при третманот на *бакарно-оловно-цинково-пириитни* руди. Во минеролошкиот состав покрај *галенитот* и *сфалеритот* присутни се бакарни минерали: *халкопириит*, како примарен и *борнит*, *халкозин* и *ковелин*, како секундарни минерали, додека од останатите сулфиди: *пириитот*, *марматитот* и во извесни случаи и *пиритот*.

По правило, жаловите некорисни минерали се отстрануваат при погрубо мелење (45-50%-0,074 мм), бидејќи сулфидните минерали **агрегатно** се впрснати во нив. За нивно меѓусебно селектирање е потребно домелување на агрегатите (85-90% или 100%-0,074 мм).

Селективната флотација кај овој тип на суровини е многу слабо застапена, но се применува доколку некој од некорисните минерали **лесно** флотира и претставува проблем селективно да се извлече во колективен концентрат.

Колективно-селективната флотациска шема е најчесто применлива и според неа постапката може да биде следна:

Во слабоалкална средина (регулатор Na_2CO_3 -сода), при грубо раскривање на суровината при мелење (50-60%-0,074 мм) сите сулфиди: *галенит*, *сфалерит*, *пириит* и минералите на бакар се концентрираат во **колективен концентрат**. Тој се *домелува* за да се оптимално откријат сулфидните минерали и *десорбира* (флотациски реагенс Na_2S), со цел тие да се *деколектираат* или *ослободат* од хидрофобизација. Десорбираниот и досомелен колективен концентрат се упатува на *бакарно-оловна концентracија*, при што минерализираната пена е **колективен бакарно-оловен концентрат**, додеа отокот претставува **колективен цинково-пириитен концентрат**. Завршно од двата концентрати **селективно** се добиваат разделените концентрати.

Делумно колективната флотациска шема од претходната се разликува по тоа што при првата флотација се добива **колективен концентрат** на бакарни минерали и галенит, а во отокот се *депримираат* сфалеритот и пиритот. Отокот потоа се флотира **селективно** на цинкови минерали (се активира сфалеритот) и пирит (последниот се флотира, откако отокот на цинковата флотација се неутрализира), доколку и двата минерала не се добијат во вид на *цинков-пириитен концентрат* (во слабоалкална средина).

Нови и идни генерации на флотациски машини

Зголемувањето на цените на базичните и основните метали предизвикува експанзија на искористувањето на процесите на флотација, со истовремено продлабочување на истражувањата и знаењето на теориските принципи. Напорите се насочени кон подобрувањето како на квантитетот така на квалитетот на параметрите од флотацијата, со истовремено намалување на оперативните трошкови. Исто така значителни се трендови за изработка на се поголеми постројки за флотација, а воедно флотирање на честички со поголеми крупности, примена на флотациски колони.

Флотацијата на рудите и индустриските минерали е најшироко применета физичка метода за прерботка, а во иднина се претпоставува дека истата ќе опфаќа од 95% од вкупното рударско производство.

После стагнацијата до 1990 година, во понатамошниот развој на новите генерации на флотациски машини евидентна е појавата на нови уреди со големи волумени, со своите препознатливи предности со големи оперативни заштеди. Инсталациите со зголемени волумени над 60 m³ во зависност од можните капацитети на мелничките капацитети продолжува понатаму во познатите светски производители какви што се Minpro, Denver, Dorr-Oliver, Outokimpu, Sala, Wemco и други.

Битна е едноставноста на концептот: **поголемите флотациски келии** се поефикасни со искористувањата на корисните минерали, а истото го прават на едноставен начин во однос на флотациските келии со помали волумени.

Флотациските колони предизвикуваат широко-светско внимание кај проектантите, дизајнерите, инженерите, инвеститорите, технолозите. Овие келии поседуваат големи волумени, овозможувајќи сета операција да се изведе во една постројка, давајќи значителни намалувања во потребата за посакуваните подни простори и површини, како и употребата на помала енергија. Колоните нудат неколку флотациски стадиуми и упростување на флотациските циклуси. При сето ова, истражувачите се стремат кон: подобрување на дизајнот на колоната, а воедно развој на дизни за подобра аерација.

Досегашната развојна работа за иновации во флотациските машини покажува дека изведбата на конвенционални, механички-агитирани машини се лимитира со дебелината, длабочината на флотациската пена која може да се произведе. Поефикасно флотациско чистење може да се постигне со примена на пена во подлабоки колони, бидејќи произведуваат подолго време на задржување на честичките. Овие флотациски машини, **флотациски колони**, покрај тоа што се повисоки од конвенционалните машини, користат компримиран воздух кој се вбризгува блиску до дното од колоната, обезбедувајќи агитација на пулпата. Крупноста на минералните честички го овозможува ова бидејќи овие постројки се користат во циклусот на флотациско чистење. Флотациските колони содржат **зона за минерализација** каде се меша пулпата со создавање на меури, а исто така **зона за чистење**. Останати особини кои теориски се елаборирани, а се однесуваат на практичната

реализација на условите за флотација, а тоа се акцелерација (забрзување) и интензификација на процесот, подобрувања кои се постигнуваат со дизајнирање на аераторите, кои користат перфорирани системи за оптимизација на големината на меурите, а потоа аерациски уреди како се засниваат на принципот на воздушно изшмукување, што доведува до намалување на потрошувачка на енергија.

Флотациски колони или Механички флотомашины

Изборот помеѓу флотациските колони или механичките флотациски машини е во фактот кој постанува фундаментален при дизајнирање на новите циклуси. Зголемени брзини на гас или воздух, дебелина на флотациска пена, примена на чиста вода за зголемување на точката на чистење при флотација во флотациски колони. Евиденцијата исто така сугерира дека ефикасноста и селективноста изискува поголема густина на пените, над 2 м висина, услови кои се постигнуваат во флотациската колона. Тоа не е изненадување, дека кога се зборува за селективност, а не за чистење, многу стадијуми од механичките машини можат ефикасно да се заменат со едноставна колона.

Традиционалните погледи за флотациските колони покажуваат дека тие не би се изведувале и проектирале при тешки раздвојувања, кога селективноста е многу поважна од чистењето на флотациската пулпа. Овој поглед одлично се вклопува со презентираниите досегашни резултати, но мора да има прочистување за овој поглед. Имено, флотациските колони обично се мисли дека не се добри за контролно чистење. Ова има потреба од преиспитување. Контролното чистење нормално бара потенки флотациски пени, бидејќи ниската концентрација на хидрофобни честички ги ослабнуваат пените. Флотациската колона, со својата мала површина ги концентрира овие честички од пијатата, а додатокот на вода понатаму ја стабилизира пијатата. Така можат да се користат подебели, погусты флотациски пени, со подобра сепарација и намалени циркулациски товари. Постои најмалку една таква примена на флотациски колони за контролно чистење, а тоа е случајот со златоносните сулфиди.

Флотациските колони не се користат само за чистење на флотациските пени, туку се користат за грубо-основно флотирање или контролно флотирање. Се поставува прашањето: дали механичките флотомашины се осудени на неуспех? За да се одговори на ова прашање, корисно би било да се посматрат примените каде овие флотациски машини имаат предност над флотациските колони. На пример, флотација на крупнозрнасти минерали, фелдспати, фосфати се неподобни за флотирање во флотациски колони, поради ниското време на задржување на крупните честички. Друго ограничување за флотациските колони се нивните ниски носечки капацитети, поради малата површина на пијатата. Флотациските колони можат да бидат паралелно применети да го решат овој проблем, но балансот на водата може да претставува проблем. Подобро постигање може да се постигне со примарно извлекување или флотирање со механички флотациски машини, а проследени со контролно чистење во флотациски колони.

Развој на нови и усовршени флоџациски технологии

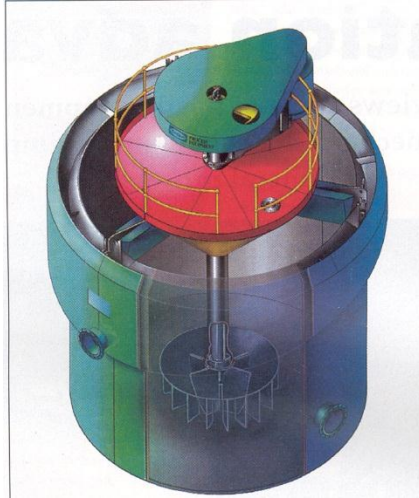
При крајот на XX или почетокот на XXI век евидентна е ре-еволуција на поранешните флоџациски машини и обновување на инова-тивни дизајни. Нивното воведување е резултат на подобрувањата во процесната економија, преку заштедите како во капиталните така и оперативните трошкови, истовремено подобрување на перформансите при квалитативните резултати: содржини/искористување. Воопшто, како се зголемува капацитетот, потенцијални бенифити од поголемите флоџациски машини постануваат многу поевидентни, подобро искористување на подниот процот, поефтини инсталациски трошкови, поефикасно искористување на електричната енергија, а посебно пониски оперативни /одржувачки потреби за работна сила.

Конвенционални флоџациски усовршени машини

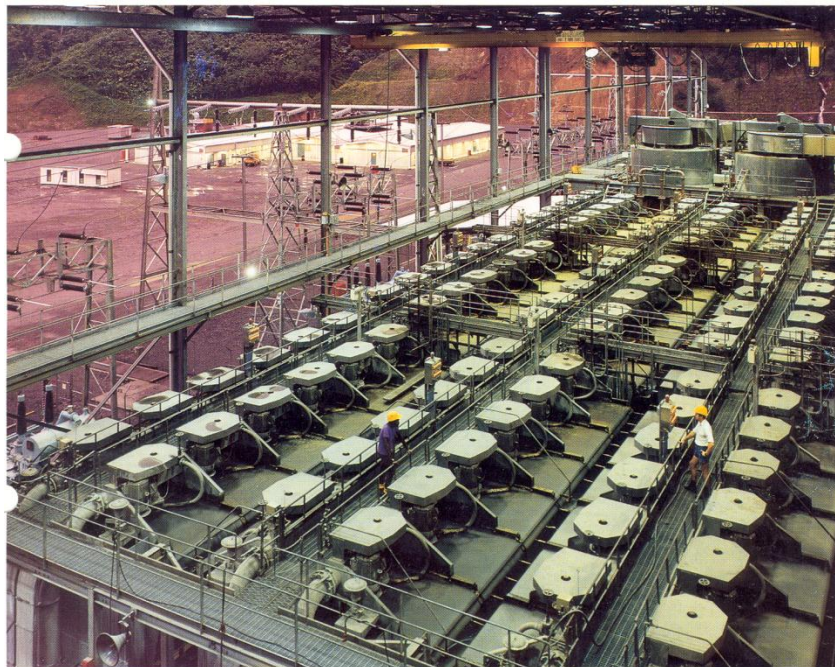
Флоџациската со години се спроведува во уреди со мешање на флоџациската пулпа. Користењето на голем број на корита во серија помагаше во отклонување на проблемите во кратко-циклусните уреди, во споредба со оние кои изискуваа поголем број на корита во серија. Главен развој во еволуцијата на конвенционалните флоџациски машини е посебно во зголемувањето на големината на индивидуалните уреди. Покрај факторите кои играат улога на флоџациските циклуси мора да се спомнат:

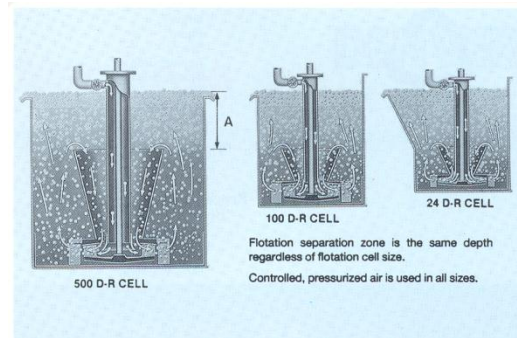
- Потреба за ефективен волумен потребен при зголемување на димензиите;
- Селективност во поголемите уреди;
- Можност за контрола И подесување на квалитетот на производите.

Постојат поголем број на производители на нови конвенционални флоџациски машини. **Bateman Equipment Ltd** произведува флоџациски машини со специјални карактеристики кои вклучуваат **U**-облик на коритото, внатрешни перални со специјално дизајнирани ротори и статори, кои се предвидени да дадат засилена металуршка перформанса со намалена потрошувачка на електрична енергија, со келии чија големина е над 38 m³.

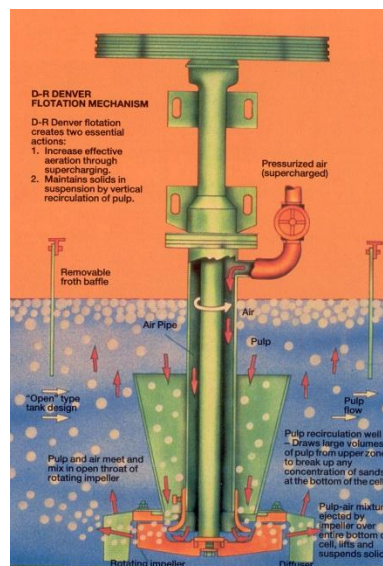


Denver Equipment Company произведува неколку основни дизајни на флотациски машини: Cell-to-Cell и DR(openflow) типови.



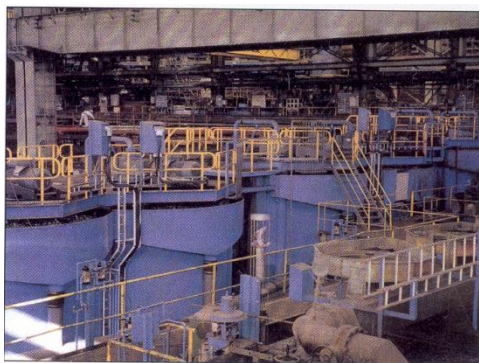


Развој на рударската индустрија го воведуваат Денвер во производство на DR(openflow) типови флотациски машини со висок капацитет со примена за грубо (основно), контролно и пречистувачко флотирање. Овие машини користат вертикална циркулација на пулпата, повлекување на пулпата низ рециркулациски И реверзибилен ротирачки импелер, мешање на протокот на пулпата со воздух со низок притисок. Првата инсталација од 28 m³, па до 43 m³ волумен. Иднината во развојот на овие флотациски машини ќе воид кон производство на машини со над 85 m³.

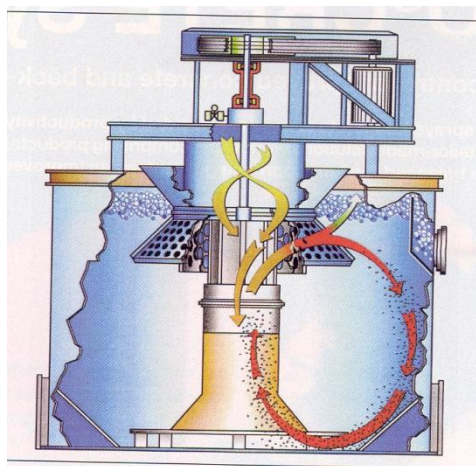


Dorr-Oliver Company Ltd произведува флотациски машини со широк опсег на големини, со ознаки DO-1, DO-1550 (44 m³). Покрај карактеристиките кои се однесуваат на ниската потрошувачката на електрична енергија секако треба да се спомне компанискиот дизајн на статорот кој е со нова обесена конфигурација со ракави кои го задржуваат

статорот блиску до дното од коритото на машината, не постојат рестриктивни ефекти во најниската зона за циркулација.



Outotec, Outokumpu group, е водечки снабдувач на флотациски машини со големини од 0,05 m³, до 100 m³. Патентираниот ОК механизам осигурува одлична дисперзија на воздухот, а импелерот ги чува цврстите честички во суспензија низ целиот волумен на келијата. U-облик на коритото обезбедува минимално учество на јаловина со намалување на кратко-циклусната форма на работење. Истовремено, оваа компанија ги промовира своите производи Flash Flotation Method, кој го елиминира преуситнувањето со извлекување на корисните покрупни честички, ослободувајќи ги корисните минерали од циклусот на мелење, со процесирање во специјална груба флотациска келија (Skim-Air).



Wemco многу долго беше водечка компанија во производство на овие флотациски машини со капацитети од почетните 28,3 m³, па до 85 m³, но со можности за поголеми капацитети. Во развојот на овие машини мора да бидат задоволени следните

хидродинамички функции при симултано обезбедување на добро контактирање на воздухот со пулпата, мешање, одржување на високо стабилна фаза пулпа-пена, адекватно отстранување на честичките од ќелијата, со задоволување на доволен капацитет на преместување на пијата. WEMCO SmartCell Flotation Machine во склоп на EIMCO Process Equipment произведе соодветна изведба на флотациска машина со проверен механизам, нова конфигурација на ќелијата со типично цилиндрично корито, конусни цевки, а со нови особини кои овозможуваат прецизна контрола на процесот, оптимирање со софтверско водење на процесот, контрола на: брзината на аерација, механичка брзина, ниво на пулпата, дебелина на пијата, дозирање на реагенти, влезна брзина на вода.

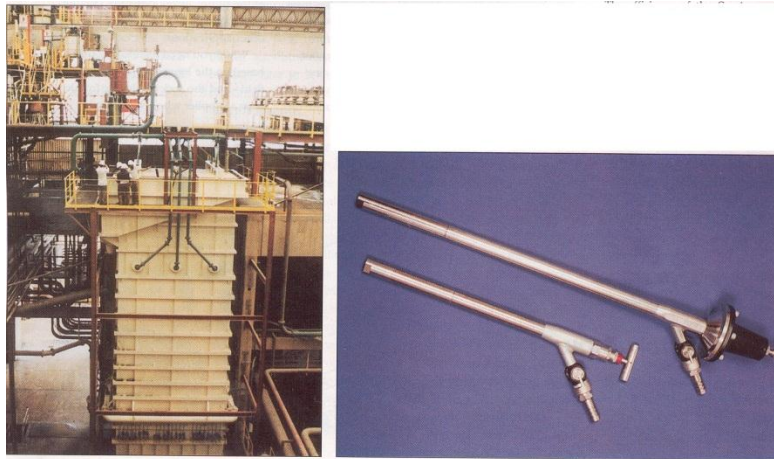
Флотациски колони

Флотацијата во флотациски колони поседува искуство после основните изведени теориски принципи и изучувања, кои ги покажуваат бенифитите откако се инкорпорирани во шемите на индустриските примени на флотациска концентрација. Тие вклучуваат бенифити: подобра перформанса на флотацискиот процес, редукција на капитални и оперативни трошкови, подесни за едноставна автоматска контрола, можности за ефикасен третман на многу ситни, фини минерални честички. Флотациските колони се добро етаблирани во процесирање на базични металични руди, а се претпоставуваат како идни можности за благородните метали, индустриски минерали, процесирање со јаглени итн. Разни дизајни на флотациски колони се промовирани, со вклучување на микронеураста флотација во колони, колони со обикновени постели, колони за мешање. Овие флотациски ќелији навистина поседуваат недостатоци, така да главниот проблем е нивната потреба за високи простории. Исто така може да се појави брза оксидација на минералните површини поради долгото време на задржување во колоната, особено кај фините честички, така да овие недостатоци можат да ја намалат нивната предност во однос на конвенционалните механички машини.

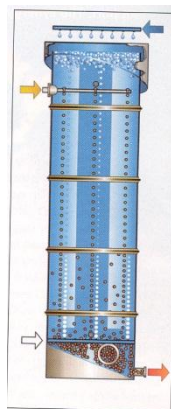
Канадските конвенционални флотациски колони работат со употреба на мешач или импелер. Влезната пулпа после соодветна хемиска преработка се внесува во висока цевка (колона) со висина над 12 метри, каде таа контактира со подигнувачката струја од воздушни меури кои се вовлекуваат на дното од колоната.

The COMINCO Engineering Services Ltd (CESL) се водечки компании во производството на флотациски колони со дијаметар од 152 мм до 4,6 м. Сите карактеристики се застапени со вклучени подобрувања на квалитетот на содржините, пониските оперативни трошкови, пониските ситни, капитални трошкови, со супериорна контрола која е присутна во овие колони. **CESL** колоните се применети за метали како што се зинкот, оловото, бакер, железни руди, злато, а исто така за голем број на неметал; И како јагленот, талкот, графитот, фосфати, успешно инсталирани во Австралија, Канада, Чиле, САД, Перу, Јужна Африка итн. Главни особини на овие колони е патентираниот Cominco Air-Sparged System кој

произведува фини меури потребни за флотирање. Производителите на меури не се веќе потребни, па се заменети со премешање на воздухот со вода.



CESL патентира **SlamJet**. Бенифити од овој патент: автоматска саморегулирачка контрола на протокот; “нецелосно затворен” механизам за спречување на протокот од процесните пулпи за време на пагање на електричната енергија; подобрување на металургијата наспроти континуираното автоматско подесување на притисокот; подесувачко отворање на притисокот за процесна компензација или контрола на големината на меуриите која се базира на прецизната контрола на воздушниот проток или притисокот.



The Deister Concentrator Company произведува најсовремени флотациски колони за светскиот Пазар на минералната технологија. The deister Flotaire Bubble Generator System произведува ситни, фини меури надвор од флотациската колона, ги внесува микронските меури во ќелијата-колона низ отворени, флексибилни пластични цевки. Постојат многу

постројки кои користат колони (над 170 флотациски колони) за комерцијална употреба ширум во светот.

Multotec Process Equipment е сериозен производител на системи флотациски колони, водечки во полето на развојот на турбо системи флотациски колони. Иако овие системи се проектирани за да се сретнат со потребите на пазарот, тие се искористуваат само од 15%.

Wemco понуди разни дизајни на усовршени флотациски машини колони или Pyramid® Flotation Column со зголемени металуршки перформанси, ниски капитални или оперативни трошкови, помал од оние какви што се во механичките или други типови на флотациски колони. Повеќе од 200 Pyramid® Flotation Column флотациски машини се применуваат во светот при подготовка на каолин или злато.

Усовршување во флотациските машини

Докажано е дека флотацијата е најбитна техника за раздвојување на минералите, па претставува една од највпечатливите примени во површинската хемија. Флотациските процеси се контролират со помош на термодинамиката, кинетиката или хидродинамиката на системот. Фундаментални вклучени аспекти се:

- Создавање на хидрофобна површина за поедини минерали (термодинамички услови);
- Обезбедување на доволно време за прилепување на меурите (кинетички услови);
- Стабилизација на комплексот *меур/честичка* при преовладување на проток на пулпа (хидродинамички услови);

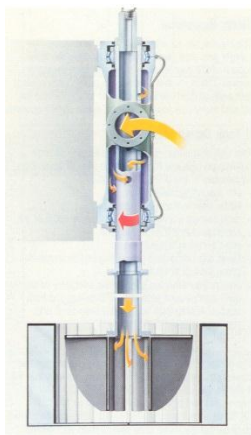
Преку синтезата на новите коефикасни реагенси, перфекцијата на постојните или креацијата на новите технолошки флотациски процеси, елаборација на физичко-хемиските модели или пак оптимизација на флотациските процеси или пак кондиционите системи за рециркулација на водите во постројките целосно се потпираат врз воведувањето на добро основаните принципи на физичко-хемиските оптимизации.

Мноштво на различни субаерациски механички флотациски машини оперираат задоволително во последните години. Дел од нивниот успех се однесува за процесирање на релативно богати, крупни минерални честички. Меѓутоа, со намалување на високопроцентните едноставни за преработка руди, рефракторните или тешкообработливите ситно расеани руди со ниски содржини мора да се преработуваат. При сето ова, подготовката на влезната руда сега изискува екстензивно мелење за добивање на соодветно ослободување или отвореност, што предизвикува пронаоѓање на процеси за флотација на ситни честички.

Outokumpu Mintec флотациските машини оригинално се проектирани за ефикасна флотација на базични минерали во компаниите на сопствените рудници, но потоа

одличните карактеристики на машините овозможуваат нивна зачестена имплементација така да наскоро на многу места беа инсталирани овие машини за флотација на апатит, јаглен, серицит итн. Подоцна, листот на корисници на овие флотомашини се проширува за преработка на фосфати, каолин, калцит, барит, фелдспат, флуорид, пескови а исто така некои ретки индустриски минерали во близу 20 земји, во претходното столетије во примена вон ад 750 локации ширум светот. Outokumpu Mintec флотациските машини се покажуваат преку супериорно обогатување кое се добива со примена на големи флотациски ќелији, со значителни економски решенија. Овие ќелији покажуваат поголеми економски бенифити од помалите флотациски ќелији, со тоа што поголемите флотомашини изискуваат помали подни простори или придружни конструкции, заштеди во трошковите за градење, помалиот број на големи ќелији полесно се инсталираат, погодна оперативност или полесно одржување, пониска потрошувачка на електрична енергија, со дополнето заштедување во оперативните трошкови.

Срцето на ОК-механизмот е ОК-роторот кој има специфичен изглед со различни канали за вбризгување на воздух или проток на пулпа. Формата дозволува роторот да се стартира под полно оптеретување или после намалување на електричната енергија. Минимизација на времето на рестартирање, па нема потреба од празнење на ќелијите.



Согласно на Outokumpu Mintec флотациските машини, ММ (MultiMix) верзијата создава оптимални услови за флотација на средини со фини, ситни честички помали од 150 микрони. За покрупни честички или вискозни пулпи каде ламинарното движење е клуч за успешна флотација, Outokumpu Mintec флотациските машини се развиваат во FF (FreeFlow) типови во кои се чува пулпата во полуламинарно движење или се избегнува зголемената турбуленција. Потребите за мешање, дистрибуција на воздух или транспорт на пијата мора да се исполнат. Одговорот го дава проектирањето на цилиндричната Outokumpu TankCell . Расположливи капацитети се од 50-160 m³, кружните корита обезбедуваат апсолутно симетрични или стабилни услови низ ќелијата. При примена во бакарна флотација две 70 m³ Outokumpu TankCell обезбедуваат исто искористување како низата од 20 конвенционални

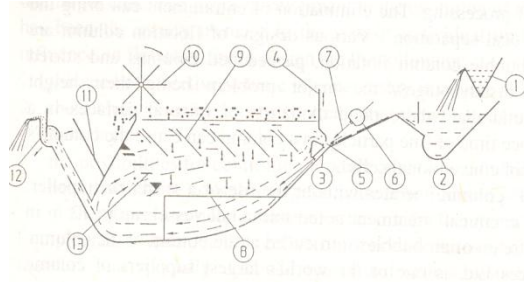
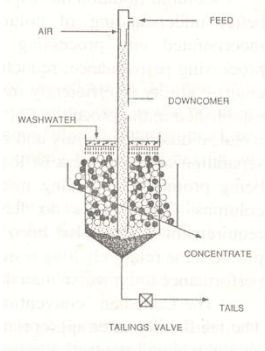
ќелији. И двата циклуса имаат исто време на задржување на честичките. Повеќе од тоа, големите Outokumpu TankCell трошат типично помалку од 1 KW/m³ од енергијата

The BQR флотациските машини се од рангот со кружни корита произведени од страна на Bateman Process Equipment со предвидување да постигнат висока оперативност преку лесното подесување на брзините на воздухот, робустно ниво или контрола на пийата. Големината или бројот на овие флотомашини се избираат на база на посакуваното време на задржување. Изборот на единствен обесен статор или механизам на отворен ротор се базирани на специфичните процесни барања да секоја примена да обезбеди добро балансирање помеѓе квалитетот или искористувањето. Отворениот ротор произведува високи разделни сили за подобро контактирање на меур/честичка. Старирањето при оптеретување се постигнува откако обесениот статор го заштитува роторот од пречки со таложењето на цврстите честички. Роторот и статорот лесно се подесуваат за да се оптимира суспензијата од честички или стабилноста на флотациската пена. Обесениот статор исто така обезбедува полесно одржување. Комплетниот механизам може да се премести од флотациските машини за одржување, така да се редуцираат трошковите . Покрај тоа, роторот и статорот се едноставни, иако технички софистицирано дизајнирани, така да се редуцираат трошковите за резервни делови.

Идни генерации на флотациски машини

Последните години значајно навлегуваат идните генерации на нови флотациски машини, различни од конвенционалните флотациски машини, различни од флотациските колони. Некои од флотациските машини, а особено Wemco/Leeds флотациските колони, The Air-Sparged хидроцикло-ните, Jameson ќелијата, The CONTACT ќелијата, The FASTFLOAT ќелијата, The Packed Column флотациската колона, новите верзии на пнеуматски машини такви какви што се EKOOF ќелите, The Large-diameter Column флотациски колони итн.

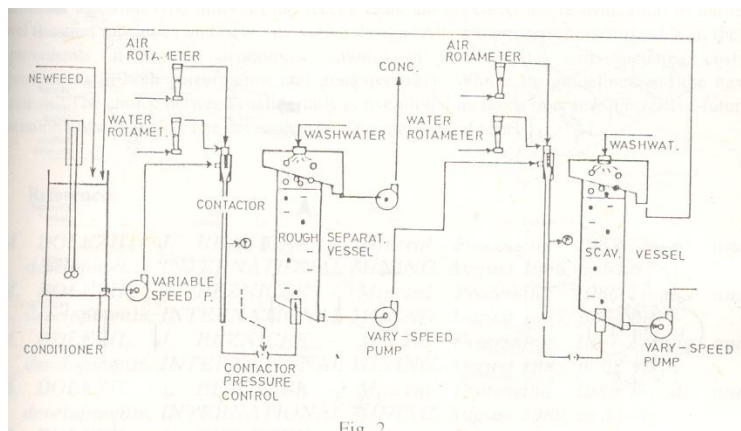
Најбитна од овие нови идни генерации е Jameson ќелијата која се базира на претходно измешаните воздух/пулпа. Оваа ќелија свртува внимание со воздушниот амбиент во повеќето надолни отвори преку вентуре ефектот, способност за вбризгување апроксимативно еден волумен на воздух со еден волумен на пулпа (50%:50%). Jameson ќелијата успешно е применета во повеќе постројки во Австралија (Pb-Zn руди) во Mount Isa Mines, во Newlands рудникот за јаглен, во РЕКО рудниците за бакарен концентрати.



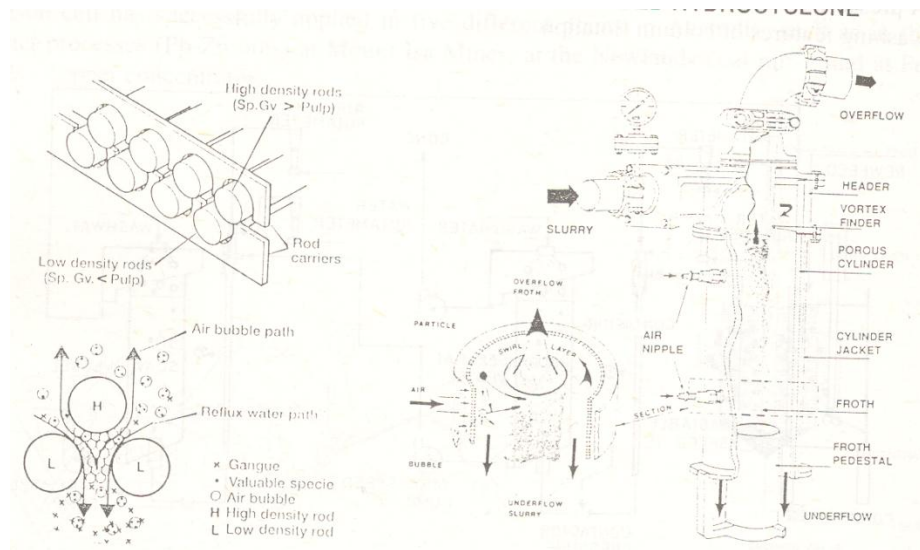
Втора битна конфигурација-иновација како нова технологија е The FASTFLOAT ќелијата развиена од страна на Flotation Group of MD Research Co. специјално за производство на комплексни, ситно минерализирани руди кои бараат повеќестадијално мелење (5 стадијуми) за ослободување на корисните минерали. Идното процесирање на горните руди пред процесот на обогатување може да биде почеток на нова ера во флотацијата. Додека современите флотациски процеси, технологии можат да преработуваат честички со крупност од 10 микрони до 100 микрони, овие последниве се способни да преработуваат честички со крупност од 1-10 микрони. Овој проблем е фундаментално поврзан со механизмот минералните честички да се собираат на површината од меурите. Најдено е дека постојат три прифатливи механизми. Овие ќелии ја максимизираат примената на хидрауличката енергија низ своја невообичаена форма: кога пулпата ја достигнува точката на празнење не постои виртуелна енергија во протокот. Процесот предвидува многу поголеми брзини на флотација од механичките флотациски машини, а типично бараат само од 25% до 33% од времето на задржување во однос на конвенционалните циклуси. Процесот е подесен за процесот на чистење и повторно чистење кога се третираат тешко флотабилни руди, а исто така процесирање на финосомлени руди. Можат да се користат за претходно флотирање на циклуси каде времето на задржување на минералите не дозволува адекватно искористување на корисната минерална сировина.

Трета битна конфигурација-иновација како нова генерација на флотациски машини е The CONTACT ќелијата која се состои од два дела: контактор, каде се мешаат воздухот/пулпата, и раздвојна цевка, каде што смешата може да се раздвои во концентрат, односно јаловина. The CONTACT ќелијата може да постигне високи степени при контрола бидејќи поседува: The Air-Sparged елементи која обезбедува контрола на големината на меурите; контактор подесен за понатамошна контрола на процесот. Варијабилни ефекти за кинетиката се брзината на воздухот, големината на меурите, притисокот во контакторот, времето на задржување во контакторот, карактеристиките на пулпата (% на цврсто, крупност на честичките). Во раздвојната цевка влијаат дебелината на пенијата, степенот на дисперзија. Резултатите добиени со примена на овие флотациски машини покажуваат значителни подобрувања во однос на конвенционалните ќелии. Добрата кинетичка карактеристика, добрите карактеристики за перење на пенијата, компактната се двигателни

особини за овие нови генерации на флотациски машини за нивна употреба во индустриски услови.



Другите развојни трендови имаат значителна улога во идната пракса на минералната технологија. The Air-Sparged хидроциклоните (ASH) се постоечки нови техники за извлекување на минералите сугерирани од страна на автори од Јужна Африка. Технологијата ги комбинира принципите на пенива флотација заедно со проточните карактеристики на хидроциклоните такви какви што се системот на Air-Sparged хидроциклони кои можат да изведат или остварат флотациска концентрација во рамките на секунди или помалку. Многу битна карактеристика на ASH е големата специфична капацитивност која одговара на значителните заштеди во капиталните трошкови (опрема или поден простор). Всушност системот е склоп на традиционални хидроциклони или флотација, а принципиелна разлика се состои во вбризгувањето на воздухот низ ѕидовите на циклонот. Воздушните меури се создаваат слично како при флотациската концен-трација со прилепување на неквасливите честички. Потоа се флотираат од пулпата од циклонот создавајќи прелив, додека квасливите честички на кои не се прилепуваат воздушните меури, создаваат песочна фракција. Употребата на циклоните наместо флотациските ќелији за чистење на јаглени, флотација на сулфидни руди, нископроцентни сулфиди или извлекување на златоносни сулфидни минерали нуди потенцијал за многу поголеми производности по единица волумен, отколку кај оние кој се постигнуваат со флотациска концентрација. Меѓутоа, потрошувачката на флотациски реагенти, какви што се колекторите, е поголема отколку кај конвенционалните флотациски ќелији. Очигледно дека многу работа е сеуште неопходна, но интересот е во раст во разни центри ширум светот, а постои јасен добар потенцијал за овој систем да биде развиен како значителен економичен метод за извлекување на корисните минерали.



Согласно на конвенционалните механички и пнеумомеханички флотациски ќелији, се повеќе се користат иновациите или новите флотациски колони од различни типови и дизајни. Тука значајно место зазема Wemco/Leeds ќелијата која поседува импелер на дното од коритото.

Особено карактеристична форма поседуваат флотациските ќелии кои содржат ЕКОФ-систем. Тој има способност да ги суспензира честичките, да ја транспортира пулпата или произведува ситни воздушни меури со помош на неколку единки поврзани сервиски, секоја оптимирајќи ги специфичните опити. Обработената пулпа со реагенти се дистрибуира во голем број на околни аератори во цевката за сепарација. Во споредба со конвенционалните флотациски методи, опремата или трошковите за машини се претпоставени дека изнесуваат 30-60% во зависност од бројот на стадијуми. ЕКОФ-системот е инсталиран во САД за третирање на јаглен со добивање на концентрати со 8-9% пепел, при содржина на пепел во влезот од 50%.

Следната интересна можност преставува The Large-diameter Column флотациски колони. Нивото на сигурност на овие големи единки достигнуваат ниво со што се овозможува голема доверливост. Можат да се предочат бројни предности кои се однесуваат на помалите трошкови во однос на помалите флотациски ќелији. Во перспектива интересно е да се погледа кон можноста за најголемите можни волумени на овие ќелији. Пониски капитални трошкови се карактеристика на овие типови на флотациски ќелији.